昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, September 2007, 50(9): 889 - 894 ISSN 0454-6296

家蝇幼虫提取物对辐射小鼠的免疫调节作用

刘彬[1,2],张克田[1,2],沈思[1,2],雷朝亮[2],黄文[1,2,*]

(1.华中农业大学食品科技学院,武汉 430070;2.华中农业大学昆虫资源研究所,武汉 430070)

摘要:研究了家蝇 *Musca domestica* 幼虫提取物对辐射小鼠的免疫调节作用。测定了小鼠的脏器官指数,NK 细胞活性,T、B 淋巴细胞增值活性及小鼠血清 SOD 活性和 MDA 含量等指标。结果表明:经口给予一定剂量的家蝇幼虫提取物对辐射和未辐射小鼠的脾脏指数和胸腺指数变化有显著影响,均可提高 NK 细胞活性,T、B 淋巴细胞增值活性及小鼠血清 SOD 活性,同时可降低小鼠血清中的 MDA 含量。结果显示家蝇幼虫提取物对辐射和未辐射小鼠均具有较好的免疫调节作用。

关键词:家蝇;幼虫提取物;辐射小鼠;免疫调节;抗氧化

中图分类号:Q966 **文献标识码**:A **文章编号**:0454-6296(2007)09-0889-06

Immunomodulatory effects of the extract of *Musca domestica* larvae on irradiated mice

LIU Bin[1,2], ZHANG Ke-Tian[1,2], SHEN Si[1,2], LEI Chao-Liang[2], HUANG Wen[1,2,*] (1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Institute of Insect Resources, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The immunomodulatory effects of the extract of housefly *Musca domestica* larvae on irradiated Kunming mice were studied with such indices as the viscera indices, the activity of NK cell, the proliferation of T and B lymphocyte, SOD activity and MDA content assayed. The results indicated that the treatment with the extract consecutively for 18 d increased the mice' Spleen and Thymus indices, the activity of natural killer cell, and the proliferation of T, B lymphocyte. Serum analysis demonstrated that the extract significantly reduced the content of MDA and increased the activity of SOD. The results suggest that the extract of housefly larvae has positive immunomodulatory effects on mice irradiated or not.

Key words: *Musca domestica*; larvae extract; irradiated mice; immunomodulation; antioxidation

随着科技的发展,辐射技术在医学、工农业等方面的应用日益广泛,人们接触辐射的可能逐渐增多,遭受辐射损伤的可能也随之增加。辐射可引起受辐射者急、慢性损伤,轻则出现头晕、无力、食欲减退、视力模糊及血象暂时性改变等症状,重则可引起免疫和骨髓造血系统障碍,产生遗传效应(凌关庭,2002)。近年来,人们对抗辐射损伤的研究逐渐得到重视,特别是医学上肿瘤放射治疗和特殊职业人员的受辐射问题在现代医药和保健事业中得到极大的关注。"药食同源,食疗食补"是我国饮食文化的显著特征之一,如历代药膳以种类繁多的药食相配而闻名于世。日常生活中,让那些经常可能接触辐射的人们食用一些无毒副作用的抗辐射功能食品来提高自身免疫功能,主动地、由内而外地抵御辐射,满足大众的需求势在必行,是一种有效的抗辐射方法。

家蝇 *Musca domestica* L. 是一种重要的世界性昆虫,幼虫俗称"蝇蛆"。家蝇幼虫的医、药用(张泽生和姚国雄,1998;Sherman *et al*.,2000)和食用(贺继东和夏文水,2002;何洪英等,2002)有着悠久的历史。本实验室以往的研究表明,家蝇幼虫提取物有着良好的清除自由基功能(刘彬等,2006;王芙蓉等,2006),预示了家蝇幼虫在保健食品开发上的广阔应用前景。本实验为进一步了解家蝇幼虫提取物的辐射保护作用,研究了辐射小鼠的免疫调节功能。

基金项目:"十一五"国家科技支撑计划项目(2006BAD06B07)

作者简介:刘彬,男,1979 年生,河南商丘人,硕士,主要从事功能食品方面的研究,E-mail:applejack@webmail.hzau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: huangwen@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2007-03-13;接受日期 Accepted: 2007-05-11

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　家蝇幼虫提取物： 实验室自制。取家蝇幼虫脱脂粉，用10倍量的蒸馏水分2次浸提。经4 000 r/min离心15 min后，取上清液在沸水浴中加热10 min。离心除去沉淀物，加入3倍体积在 -20℃条件下预冷的95%（v/v）乙醇溶液，低温静置后收集沉淀，乙醇洗涤沉淀后用蒸馏水复溶，去除沉淀后冷冻干燥制得家蝇幼虫提取物。经测定其干物质主要成分为蛋白质80.4%、碳水化合物11.8%、灰分3.0%，SDS-PAGE测定蛋白质的分子量在14.4 kD以下。

1.1.2　实验动物： 昆明种小白鼠（SPF级）由湖北省疾病预防控制中心实验动物中心提供。

1.1.3　^{60}Co-γ源： 由湖北省农业科学院辐照中心提供。

1.2　方法

1.2.1　实验动物的处理： 参考郑建仙（1999）及凌关庭（2002）等的方法。取雄性昆明种小鼠80只，体重25±2 g，适应喂养3天后，随机分成4组，即对照组和家蝇幼虫提取物低、中、高剂量组，每天分别经口灌胃蒸馏水或50、100、200 mg/kg bw的家蝇幼虫提取物，每组20只。另外，每组每天给予100 g的标准饲料（湖北省实验动物中心提供），自由进食。动物每天光照12 h，饲养温度保持在18～23℃，各组连续给药饲养15天后每组一半动物进行^{60}Co-γ照射，时间为4 min，剂量为4.0 Gy；另一半动物不照射作为对照。照射后继续给药，于第3天全部处死，检测指标。

1.2.2　对小鼠免疫脏器增长指数的影响： 小鼠摘眼球取血后脱臼处死，分别测定小鼠的肝、肾、脾和胸腺等脏器管增长指数（以mg/10 g bw表示）。

1.2.3　脾脏NK细胞活性的测定： 采用乳酸脱氢酶（LDH）释放法（郑建仙，1999；郭彩云等，2003），将各组小鼠颈椎脱臼处死，无菌取脾，置于盛有适量无菌Hanks液的小平皿中，用镊子轻轻将脾撕碎，经200目筛网过滤，制成单细胞悬液，用Hanks液洗3次，每次离心10 min（1 000 r/min），然后将细胞悬浮于2.0 mL的完全培养液中，用台盼蓝染色计数活细胞数（应在95%以上），用RPMI-1640完全培养液调整细胞浓度为5.0×10^6个/mL；实验前24 h将靶细胞传代培养，应用前以Hanks液洗3次，用RPMI-1640完全培养液调整细胞浓度为1.0×10^5个/mL；取靶细胞和效应细胞各100 μL（效靶比50∶1），加入96孔培养板中。靶细胞自然释放孔加靶细胞和培养液各100 μL，靶细胞最大释放孔加靶细胞和1% NP-40各100 μL，上述各项均设3个复孔，于37℃、5% CO_2培养箱中培养4 h，然后将培养板离心5 min（1 500 r/min），每孔吸取上清100 μL置96孔培养板中，同时加入LDH基质液100 μL，反应3 min，每孔加入1.0 mol/L的HCl 30 μL，在酶标仪490 nm处测定光密度值（OD）。

$$\text{NK细胞活性}(\%)=\frac{\text{反应孔OD}-\text{自然释放孔OD}}{\text{最大释放孔OD}-\text{自然释放孔OD}}\times100$$

1.2.4　T、B淋巴细胞增殖活性的测定： 参考Mosmann（1983）和郑建仙（1999）的方法。将1.2.3中所处理的脾细胞（或以同样方法处理的胸腺细胞）悬液用RPMI-1640完全培养液调整细胞浓度为2.0×10^6个/mL。

T淋巴细胞增殖反应：在96孔培养板中，每孔加入细胞悬液和终浓度为5.0 μg/mL的刀豆蛋白A（ConA）各100 μL，每份样品设3个复孔，同时设对照孔（不加ConA）。然后将培养板置于37℃、5% CO_2培养箱中培养72 h。培养结束前4 h，每孔加入50 μL MTT液，继续培养4 h。培养结束后，每孔加入100 μL DMSO，充分震摇，于570 nm波长处测定每孔光密度（OD值），结果以其平均值表示。

B淋巴细胞增殖反应：将制备的脾细胞悬液2.0×10^6个/mL，于96孔培养板中每孔100 μL，再加入脂多糖（LPS 10.0 μg/mL），每一样品设3个复孔，同时设对照孔（不加LPS），其余方法同上。

1.2.5　提取物对小鼠血清丙二醛（MDA）和超氧化物歧化酶（SOD）的影响： 小鼠眼球取血测定血清中MDA含量和SOD活力。MDA和SOD的测定采用南京建成提供的试剂盒测定。MDA测定采用硫代巴比妥酸（thibabituric acid，TBA）法。SOD测定规定血清中SOD活力以每毫升反应液中SOD抑制率达50%时所消耗的SOD量为一个亚硝酸盐单位（NU）。

1.3　统计学处理

采用SAS软件进行方差分析。

2　结果与分析

2.1　对小鼠免疫脏器指数的影响

辐照后第3天处死小鼠，称重计算胸腺、脾脏、肝脏、肾脏、心脏等脏器管指数，结果见表1。从表1

可以看出辐射后 3 天，辐射对照组（辐射但不给家蝇幼虫提取物组）与正常组（不辐射也不给家蝇幼虫提取物组）的小鼠相比，其脾脏和胸腺发生明显萎缩（$P<0.01$）。肝、心脏和肾有变大趋势，但没有出现显著性差异（$P>0.05$）。辐射并经口给予家蝇幼虫提取物 200 mg/kg bw 组的脾脏、胸腺指数与辐射对照组的脾脏、胸腺指数相比较均达到显著性水平（$P<0.05$），而辐射并给予家蝇幼虫提取物的各剂量组小鼠肝脏指数、肾脏指数和心脏指数与对照组相比，未见显著性差异（$P>0.05$）。

未经辐射的各组小鼠，经口灌胃一定剂量家蝇幼虫提取物，小鼠的脾脏和胸腺指数均明显高于正常对照组，其中，家蝇幼虫提取物 100 和 200 mg/kg bw组的脾脏指数与正常对照组相比较达到极显著性水平（$P<0.01$）；家蝇幼虫提取物 100 mg/kg bw组的胸腺指数与正常对照组相比较有显著性差异（$P<0.05$），家蝇幼虫提取物 200 mg/kg bw组的胸腺指数与正常对照组相比达到极显著性水平（$P<0.01$）。家蝇幼虫提取物各组的肝脏指数、肾脏指数和心脏指数与正常对照组相比，未见显著性差异（$P>0.01$）。

表 1　家蝇幼虫提取物对小鼠脏器指数的影响

Table 1　Effect of the extract of housefly larvae on viscera indices in mice

处理 Treatment	辐射剂量（Gy） Radiation dose	提取物剂量 Extract dose （mg/kg bw）	脾脏指数 Spleen index	胸腺指数 Thymus index	肝脏指数 Liver index	肾脏指数 Kidney index	心脏指数 Heart index
辐射	4	0	9.5 ± 1.5 aA	10.7 ± 1.6 aA	649.5 ± 78.1 aA	17.6 ± 1.0 aA	61.6 ± 10.0 aA
Radiated	4	50	11.4 ± 1.4 abA	11.9 ± 1.9 abA	631.7 ± 34.6 abAB	17.6 ± 1.1 aA	56.1 ± 4.8 abA
	4	100	11.9 ± 2.3 abA	13.0 ± 2.0 abA	592.9 ± 26.7 abcAB	16.3 ± 1.4 abA	54.9 ± 3.2 abA
	4	200	14.2 ± 2.4 bA	13.5 ± 2.7 bA	589.8 ± 80.1 abcAB	16.0 ± 1.5 abA	54.6 ± 9.7 abA
无辐射	0	0	28.5 ± 6.1 cB	21.6 ± 2.6 cB	575.2 ± 53.9 abcAB	15.3 ± 1.8 bA	52.7 ± 5.1 abA
Not radiated	0	50	31.5 ± 6.6 cdBC	23.7 ± 2.4 cBC	558.3 ± 26.1 bcAB	15.3 ± 1.3 bA	51.9 ± 7.6 abA
	0	100	35.0 ± 5.4 deC	23.4 ± 3.1 dBC	537.9 ± 38.5 cAB	15.0 ± 1.2 bA	51.2 ± 2.9 abA
	0	200	37.1 ± 6.8 eC	25.3 ± 2.6 dC	529.2 ± 38.1 cB	14.9 ± 0.8 bA	47.9 ± 6.1 abA

注：表中数据为平均值 ± 标准差（$n=10$），同列数据后具有相同小写字母或大写字母表示之间差异水平未达到显著（$P>0.05$）或极显著（$P>0.01$）。下同。

Notes: Data are mean ± *SD* ($n=10$). Data in a column followed by the same small letter or capital letter are not different at $P>0.05$ or $P>0.01$ level. The same below.

2.2　对小鼠 NK 细胞活性的影响

家蝇幼虫提取物对小鼠脾脏 NK 细胞活性的影响见表 2。由表 2 可知，无论是受辐射还是未受辐射的小鼠，给予一定量的家蝇幼虫提取物，均可提高其 NK 细胞自然杀伤率。经 4 Gy ^{60}Co-γ 辐射并给予家蝇幼虫提取物的各组小鼠 NK 细胞的活性较辐射对照组小鼠有显著提高（$P<0.01$）；在未经辐射的各组小鼠中，仅给予家蝇幼虫提取物 200 mg/kg bw 组的 NK 细胞活性出现极显著性差异（$P<0.05$），这说明家蝇幼虫提取物对受辐射损伤小鼠 NK 细胞活性的提高比未受辐射小鼠 NK 细胞活性的提高更明显。

表 2　家蝇幼虫提取物对小鼠脾脏 NK 细胞活性的影响

Table 2　Effect of the extract of housefly larvae on the activity of NK cell in spleen

处理 Treatment	辐射剂量（Gy） Radiation dose	提取物剂量 Extract dose （mg/kg bw）	自然杀伤率（%） Natural killing rate
辐射	4	0	17.2 ± 2.8 aA
Radiated	4	50	23.7 ± 2.1 bB
	4	100	27.9 ± 4.9 cBC
	4	200	29.6 ± 5.4 cC
无辐射	0	0	31.5 ± 5.1 cCD
Not radiated	0	50	35.9 ± 3.8 dD
	0	100	36.3 ± 5.0 dD
	0	200	37.9 ± 4.8 dDE

2.3　对 T、B 淋巴细胞增殖活性的影响

家蝇幼虫提取物对 ConA 和 LPS 诱导的小鼠脾 T、B 淋巴细胞增殖作用见表 3。由表 3 可知，对于 ConA 诱导的辐射小鼠脾 T 淋巴细胞增殖，当家蝇幼虫提取物为 50 mg/kg bw 剂量时与对照组相比有显著性差异（$P<0.05$），随着家蝇幼虫提取物浓度的增加，OD 值不断提高，说明作用逐步增强，当家蝇幼虫提取物浓度达到 200 mg/kg bw 时与辐射对照组间有显著差异（$P<0.05$），而与正常组间没有显著性差异。实验结果说明，家蝇幼虫提取物对辐射小鼠脾 T 淋巴细胞增殖有明显的促进作用。家蝇幼虫提取物对 LPS 诱导的辐射小鼠脾 B 淋巴细胞增殖有明显的促进作用，结果见表 3 所示。当家蝇幼虫提取物为 200 mg/kg bw 时与辐射对照组间有显著性差异（$P<0.05$），与正常组没有显著性差异。两组数据表明家蝇幼虫提取物对辐射小鼠的 T、B 淋巴细胞

增殖均有较好的促进作用。

家蝇幼虫提取物对未辐射小鼠脾 T 淋巴细胞增殖也有明显的促进作用(表 3)。其效果与辐射小鼠的相似,但效果好于辐射小鼠,因为 100 mg/kg bw 及 200 mg/kg bw 组对 T 淋巴细胞增殖的促进作用与正常对照组相比,均出现极显著性差异($P < 0.01$);200 mg/kg bw 组对脾 B 淋巴细胞增殖的促进作用与正常对照组相比,也出现了极显著性差异($P < 0.01$)。

表 3 家蝇幼虫提取物对小鼠脾脏 T、B 淋巴细胞增殖的影响

Table 3 Effect of the extract of housefly larvae on the proliferation of T and B lymphocyte in spleen

处理 Treatment	辐射剂量(Gy) Radiation dose	提取物剂量 Extract dose (mg/kg bw)	脾脏 T、B 淋巴细胞增殖 Spleen lymphocyte proliferation		
			Con A	LPS	No activation
辐射 Radiated	4	0	0.494 ± 0.025 aA	0.480 ± 0.043 aA	0.459 ± 0.026 aA
	4	50	0.532 ± 0.024 bAB	0.528 ± 0.044 abAB	0.508 ± 0.038 abAB
	4	100	0.538 ± 0.035 bAB	0.539 ± 0.042 abAB	0.518 ± 0.047 bAB
	4	200	0.548 ± 0.023 bAB	0.548 ± 0.023 bAB	0.522 ± 0.048 bAB
无辐射 Not radiated	0	0	0.550 ± 0.034 bB	0.578 ± 0.066 bBC	0.537 ± 0.039 bB
	0	50	0.570 ± 0.027 bB	0.584 ± 0.071 bBC	0.557 ± 0.040 cB
	0	100	0.649 ± 0.037 cC	0.647 ± 0.039 cCD	0.639 ± 0.055 cdC
	0	200	0.702 ± 0.024 dD	0.715 ± 0.036 dD	0.685 ± 0.056 dC

家蝇幼虫提取物对辐射小鼠胸腺 T 淋巴细胞增殖虽没有出现明显的促进作用,但数值随家蝇幼虫提取物剂量的增加有增高趋势(表 4)。由表 4 还可看出,辐射对照组与正常组间有显著性差异($P < 0.01$),说明辐射对小鼠胸腺 T 淋巴细胞增殖是有影响的。未经辐射但给予不同剂量家蝇幼虫提取物的各组小鼠与正常组均出现了极显著性差异($P < 0.01$),表明家蝇幼虫提取物对正常小鼠的胸腺 T 淋巴细胞增殖有促进作用。

表 4 家蝇幼虫提取物对小鼠胸腺 T 淋巴细胞增殖的影响

Table 4 Effect of the extract of housefly larvae on the proliferation of T lymphocyte in thymus

处理 Treatment	辐射剂量(Gy) Radiation dose	提取物剂量 Extract dose (mg/kg bw)	胸腺淋巴细胞增殖 Thymus lymphocyte proliferation	
			Con A	No activation
辐射 Radiated	4	0	0.466 ± 0.030 aA	0.448 ± 0.026 aA
	4	50	0.482 ± 0.025 aAB	0.470 ± 0.030 abA
	4	100	0.501 ± 0.038 abAB	0.478 ± 0.035 abA
	4	200	0.518 ± 0.055 abAB	0.498 ± 0.024 bcAB
无辐射 Not radiated	0	0	0.552 ± 0.064 bB	0.538 ± 0.053 cB
	0	50	0.663 ± 0.046 cC	0.655 ± 0.036 dC
	0	100	0.731 ± 0.045 dCD	0.725 ± 0.037 eD
	0	200	0.751 ± 0.032 dD	0.739 ± 0.049 eD

2.4 对辐射小鼠血清中 MDA 含量和 SOD 活性的影响

辐射前后,经口给予一定剂量的家蝇幼虫提取物,小鼠血清中 MDA 含量显著降低,SOD 活力明显增强,且存在剂量效应关系,如表 5 所示。当对辐射小鼠给予的家蝇幼虫提取物剂量为 100 mg/kg bw 时,SOD 与 MDA 的值与辐射对照组小鼠相比达到极显著差异($P < 0.01$),提示家蝇幼虫提取物对辐射引起的氧化损伤有很强的抑制作用。对于正常小鼠,一定剂量的家蝇幼虫提取物同样可以显著提高其 SOD 活性,并降低 MDA 含量。结果说明,在未辐射状态下,给予一定的家蝇幼虫提取物,也可以提高小鼠血清的抗氧化能力。

表 5 家蝇幼虫提取物对小鼠血清中超氧化物歧化酶活力和丙二醛含量的影响

Table 5 Effect of the larvae extract of housefly on SOD activity and MDA content in the serum of mice

处理 Treatment	辐射剂量(Gy) Radiation dose	提取物剂量 Extract dose (mg/kg bw)	SOD 活性 SOD activity (NU/mL)	MDA 含量 MDA content (nmol/mL)
辐射 Radiated	4	0	62.4 ± 5.1 aA	12.5 ± 1.6 aA
	4	50	67.9 ± 2.6 aAB	11.7 ± 2.0 aA
	4	100	76.7 ± 2.0 bBC	10.1 ± 1.4 bB
	4	200	81.7 ± 6.9 bC	8.7 ± 0.9 cBC
无辐射 Not radiated	0	0	105.4 ± 9.4 cD	7.3 ± 1.2 dCD
	0	50	113.3 ± 10.2 dD	6.6 ± 1.2 dDE
	0	100	130.4 ± 10.3 eE	5.5 ± 0.9 eE
	0	200	132.6 ± 7.9 eE	5.0 ± 0.8 eE

3 讨论

辐射所致的免疫功能改变是放射性损伤的表现之一。免疫系统对辐射高度敏感,不同剂量的^{60}Co-γ 辐射可引起机体不同的免疫应答(Durum and Gengozian,1978;官宜彬等,1983)。低剂量辐射促进

胸腺细胞的成熟分化，具有免疫增强效应（苏旭等，1997），而中、高剂量的辐射则导致机体免疫组织细胞的损伤甚至坏死（方廖琼等，2006）。近年来，从免疫调节方面来研究功能活性物质抗辐射作用的报道也较多（洪燕，2001；谢漪等，2006）。本研究结果表明，经口给予一定剂量的家蝇幼虫提取物，可以显著增加辐射小鼠的脾脏指数和胸腺指数，缓解受辐射小鼠脾脏和胸腺的萎缩；而对心脏、肝脏和肾脏等脏器官指数变化虽与家蝇幼虫提取物存在一定的剂量效应，但并没有出现显著性差异。这可能是因为各脏器官相对辐射的敏感程度不同的原因所致（吉井义一，1986）。此外，辐射可对 NK 细胞活性及 T、B 细胞的增殖活性有抑制作用，但经口给予一定剂量的家蝇幼虫提取物可提高受辐射小鼠的 NK 细胞活性，同时对 Con A 和 LPS 诱导的肾脏 T、B 淋巴细胞增殖活性有显著的提高作用。这表明家蝇幼虫提取物可显著提高受辐射小鼠的免疫功能。

在正常情况下，机体的免疫系统处于自稳态。当机体受到辐射时，产生的自由基可诱发一系列的自由基链式反应，引起强烈的脂质过氧化反应，最终产生一系列的特异性和非特异性免疫应答，这种持久过强的免疫应答进一步加重组织器官的损伤（张学光和强亦忠，2004）。本研究表明，家蝇幼虫提取物可以提高辐射小鼠血清中 SOD 的活性，并减少 MDA 的含量，从而增强机体的抗氧化能力，这表明家蝇幼虫提取物可以通过清除辐射引起的体内自由基的增加来保护细胞，减少细胞损伤，从而起到保护组织器官的作用。

对于未受辐射的小鼠，实验表明，给予一定剂量的家蝇幼虫提取物，对部分免疫指标同样有效，并可提高小鼠血清中 SOD 的活性，减少 MDA 的含量。这说明，给予一定剂量的家蝇幼虫提取物可以改善正常小鼠的免疫功能，提高其免疫力和抗氧化能力。这可能与家蝇幼虫提取物含有丰富的营养物质和良好的抗氧化活性有关。此外，本结果也验证了李德远等（2003）曾报道的具有免疫调节功能的物质往往具有辐射保护作用的观点。

初步的研究已表明，家蝇幼虫提取物可以增强辐射和未辐射小鼠的免疫功能，拮抗因辐射造成的免疫抑制，提高机体的免疫力。因此，深入研究家蝇幼虫提取物中究竟是哪种物质在对辐射小鼠的免疫调节中起作用或起主要作用，其对电离辐射所致机体免疫功能抑制防护功能的机理具有重要的理论和实际意义。

参考文献（References）

Durum SK，Gengozian N，1978. The comparative radiosensitivity of T and B lymphocytes. *International Journal of Radiation Biology & Related Studies in Physics*，*Chemistry & Medicine*，34（1）：1 – 15.

Fang LQ，He CM，Niu R，Zhong YY，Wei H，2006. Effect of goat placenta immunoregulatory factor on immunological function of mice irradiated by ^{60}Co- γ ray. *Food Science*，27（1）：208 – 210.［方廖琼，何成明，牛荣，钟英英，魏泓，2006. 羊胎盘免疫调节因子对^{60}Co-γ 射线辐射损伤小鼠免疫功能影响的研究. 食品科学，27（1）：208 – 210］

Guan YB，Yu SR，Cui HS，1983. Relative radiosensitivity of T and B lymphocytes. *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*，3（4）：33.［官宜彬，余世荣，崔惠爽，1983. T 和 B 淋巴细胞的相对辐射敏感性. 中华放射医学与防护杂志，3（4）：33］

Guo CY，Li F，Zhang Y，Lin JY，2003. Establishment of male Wistar rats model the ulcerative colonitis（UC）and the activity change of peripheral blood NK cell. *Acta Laboraidriumn Animalis Scientia Sinica*，11（3）：156 – 160.［郭彩云，李芳，张云，林嘉友，2003. 溃疡性结肠炎大鼠模型的建立及外周血 NK 细胞活性的改变. 中国实验动物学报，11（3）：156 – 160］

He HY，Li HJ，Yang J，Tong HR，2002. Utilization and research progress of edible resource insects. *Food Science and Technology*，（7）：29 – 31.［何洪英，李华钧，杨坚，童华荣，2002. 食用资源昆虫的利用及研究进展. 食品科技，（7）：29 – 31］

He JD，Xia WS，2002. Exploitation，utilization and depth-process of the engineering fly. *Science and Technology of Food Industry*，12：90 – 93.［贺继东，夏文水，2002. 工程蝇蛆的开发利用和深度加工. 食品工业科技，12：90 – 93］

Hong Y，Liu JY，Wang HL，2001. The effect of angelica polysaccharide on the cell immune function of radiated mice. *Medical Journal of Wuhan University*，22（1）：26.［洪燕，刘君炎，王红玲，2001. 当归多糖对放射损伤小鼠细胞免疫的调节作用. 武汉大学学报，22（1）：26］

Ji Jing Yi Yi，1986. Radiobiology Conspectus. 2nd ed. Books and Periodicals Guild of Hokkaido Uinversity. 121 – 129.［吉井义一，1986. 放射生物学概论. 第 2 版. 北海道大学图书刊行会. 121 – 129］

Mosmann T，1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival：application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Meth.*，65（1）：255 – 263.

Li DY，Xu WC，Su XS，Tang J，Chen SL，Zhang X，2003. Anti-radiation effect of *Lycium barbarum* polysaccharide. *Chinese Pharmacological Bulletin*，19（7）：839.［李德远，徐为春，苏喜生，汤坚，陈绍磊，张星，2003. 枸杞多糖抗辐射效应研究. 中国药理学通报，19（7）：839］

Ling GT，2002. Evaluation of the functional food（8th）. *Cereals and Oils*，（1）：46 – 48.［凌关庭，2002. 保健食品功能评价（八）. 粮食与油脂，（1）：46 – 48］

Liu B，Huang W，Zhang J，Ai H，Lei CL，2006. Effects of the *Musca domestica* L. larvae extract on scavenging oxygen free radicals. *Chinese Bulletin of Entomology*，43（1）：85 – 88.［刘彬，黄文，张洁，艾辉，雷朝亮，2006. 家蝇幼虫提取物清除氧自由基的作用. 昆虫知

识，43(1)：85–88]

Sherman RA，Hall MJ，Thomas S，2000. Medicinal maggots：an ancient remedy for some contemporary afflictions. *Annu. Rev. Entomol.*，45：55–81.

Su X，Zhang YC，Wan H，Liu SZ，1997. Effects of low dose radiation on differentiation-activation and apoptosis of thymocytes in mice. *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*，13(6)：162–165. [**苏旭，张迎春，万虹，刘树铮**，1997. **低剂量辐射对小鼠胸腺细胞成熟、分化、凋亡和激活的影响**. **中华放射医学与防护杂志**，13(6)：162–165]

Wang FR，Huang W，Wang YL，Lei CL，2005. Proteins isolated from the larva of housefly and their activities on scavenging the hydroxyl radical. *Chinese Bulletin of Entomology*，42(5)：546–549. [**王芙蓉，黄文，王艳丽，雷朝亮**，2005. **家蝇幼虫活性蛋白组分的提取及清除羟基自由基活性研究**. **昆虫知识**，42(5)：546–549]

Xie Y，Dang BR，Zhang H，Bing T，Hao JF，Guo HY，Wang XH，2006. Changes of immune system in mice irradiated by X-rays. *Journal of Radiation Research and Radiation Processing*，24(3)：167–170. [**谢漪，党秉荣，张红，邴涛，郝冀芳，郭红云，王小虎**，2006. **低剂量X射线辐射对BALB/C小鼠免疫系统的影响**. **辐射研究与辐射工艺学报**，24(3)：167–170]

Zhang XG，Qiang YZ，2004. Thinking about radioimmunology. *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*，24(2)：180–183. [**张学光，强亦忠**，2004. **对辐射免疫学的几点思考**. **中华放射医学与防护杂志**，24(2)：180–183]

Zhang ZS，Yao GX，1998. Nutritional evaluation of the protein from the housefly (*Musca domestica*) larvae. *Science and Technology of Food Industry*，(2)：12–14. [**张泽生，姚国雄**，1998. **家蝇幼虫蛋白质营养价值的生物评价**. **食品工业科技**，(2)：12–14]

Zheng JX，1999. Functional Food. Vol. 3. Beijing：Chinese Light Industry Press. 43–48. [**郑建仙**，1999. **功能食品**. **第3卷**. **北京：中国轻工业出版社**. 43–48]

（责任编辑：黄玲巧）